

지능형 모니터링 네트워크 시스템 구성에 관한 연구 Intelligence Monitoring Network System

김영구* · 조현찬* · 김두용** · 전홍태***

Young-Goo Kim, Hyun-Chan Jo, Doo-Yong Kim, and Hong-Tae Jeon

* 한국기술교육대학교 전자공학과

** 순천향대학교

*** 중앙대학교

요약

본 논문에서는, 고 중량 측정 장치를 위한 적응 지능형 모니터링 시스템(Adaptive Intelligence Monitoring System ; AIMS)을 제안한다. 지능형 알고리즘으로 퍼지 알고리즘과 FNN을 적용하였으며 고 신뢰도를 가지는 적응 지능형 모니터링 네트워크 시스템의 효용성을 확인한다.

ABSTRACT

In this paper, we propose an Adaptive Intelligent Monitoring network System(AIMS) for The truck scale balance system. The truck scaled balance system consists of three parts: load cell part, indicator part, and junction box part. AIMS is attached to junction box in truck scale balance system. Even if load cell have had some problems, a truck scale balance system still has been run to determine, the values involving error. Therefore proposed system is concentrated on load cell part. Other parts have been changed a portion of circuit for monitoring system. We construct monitoring system for a truck scaled balance system used intelligent algorithms of fuzzy logic and fuzzy-neural network.

Key Words : 로드셀, 정션박스, AIMS, Estimator, 신뢰

1. 서론

현재 트럭중량을 측정하는 중량 측정 시스템은 로드셀의 출력을 정션박스(junction box)가 각 센서의 출력을 원거리에 위치하고 있는 인디케이터(indicator)로 신호를 보내고, 인디케이터가 디지털 변환과 출력값을 표시하는 시스템으로 구성되어 있다[1,2].

이 시스템의 문제점은 전체 시스템에 부착된 부품 중 일부가 고장났고, 그 고장을 인식하지 못했을 때 다행히 측정이 이루어지지 않으면 문제가 없으나, 비 고장 시와 마찬가지로 측정이 이루어지고 오차 값이 측정값에 포함될 때 (특히, 로드셀 중 일부가 고장이 났을 때 이런 현상이 많다) 측정 회사와 의뢰 회사간의 신뢰성이 문제가 된다.

따라서 시스템의 요구 사항은 중량 측정 시 발생하는 오차에 대한 신뢰도를 확보 할 수 있는 감시 시스템과, 현장에서 사용되고 있는 중량 측정 장비의 모니터링을 한 지점에서 모두 관리할 수 있는 웹 기반의 데이터 베이스 시스템의 구축이다. 본 논문에서는 장비의 고장여

부에 대한 판단 시스템을 구축하는 문제를 다룬다.

이러한 중량 측정 시스템은 외부 환경에 노출되어 있으므로 시스템의 모델을 유도하기에 매우 애매하고, 외란에 의한 반응도가 매우 불규칙하여 수학적 모델링이 나, 전통적인 이론으로서는 문제를 해결하기 어렵다. 그러므로, 첫 번째 비 선형적이고 불확실하며, 애매한 조건 아래서 실제 시스템 인식(system identifier)을 처리하기 위해 직감, 예감, 기술 방법, 언어적 규칙 등을 사용하여 추론하는 퍼지 알고리즘을 적용하여 그 효용성에 대한 입증을 한다[3,4].

둘째, FNN(Fuzzy Neural Networks)알고리즘을 앞에서 사용한 퍼지 알고리즘을 이용한 시스템과 병행하여 장치에 대한 적응성을 갖는 적응 지능형 모니터링 시스템(Adaptive Intelligence Monitoring System)을 구축한다[5,6,7,8,9,10].

본 논문의 구성은 2장에서 질량 측정 시스템의 구조와 문제점을 파악할 것이며, 3장에서는 퍼지 알고리즘에 의해 모니터링 시스템을 구성하여 그 효용성을 입증한 후, FNN알고리즘과 퍼지 알고리즘을 병렬로 구성하여 적응 지능형 모니터링 네트워크 시스템을 제안 할 것이다. 4장에서는 퍼지 알고리즘과 FNN알고리즘에 의한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 분석한다. 끝으로 5장에서는 결론 및 연구방향에 대해 논한다.

접수일자 : 2000년 11월 18일

완료일자 : 2001년 01월 15일

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: 2000

-1-30200-001-3)지원으로 수행되었습니다.

2. 기존 측정 시스템의 구조와 문제

일반적인 질량 측정 시스템은 그림1과 같이 로드셀부, 정선 박스부, 인디케이터부등 3부분으로 나누어진다.

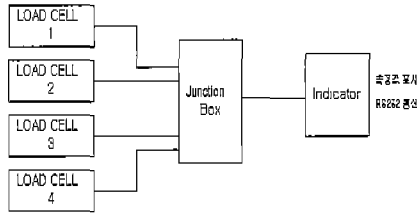


그림1. 기존 고 중량 측정 시스템 구성도
Fig.1. Presence Balance System

2.1. 로드셀(load cell)

일반적으로 로드셀이라 함은 하중을 가하면 그 크기에 비례하여 전기적 출력이 발생하는 변환기의 총칭으로 Strain Gauge식 로드셀을 의미한다. 문제점은 차동 출력의 값이 아주 작은 값 즉, 단락 회로와 같은 응답을 할 때와 아무 응답도 하지 않는 상태 즉, 개방 회로와 같은 응답을 할 때의 문제는 비교적 쉽게 고장 여부를 판단할 수 있다. 하지만 로드셀의 출력이 진동을 포함하여 아주 불규칙한 응답을 할 경우 이상 여부를 식별하기는 어렵다.

2.2. 인디케이터(indicator)

인디케이터는 디스플레이 모듈, AD변환 모듈, 시리얼 통신 모듈로 구성되며, 내장된 마이크로 프로세서가 이것들을 제어한다.

2.3. 정선 박스(junction box)

정선 박스는 로드셀로부터 멀리 떨어진 인디케이터까지 신호를 연결하는 역할과 각 로드셀의 신호를 하나로 모으는 역할을 한다.

기존의 정선 박스는 그림2(a)와 같이 각 로드셀의 신호가 병렬형태로 모아지고 있다. 따라서 하나의 로드셀이 고장 응답을 할 경우 다른 로드셀의 신호와 섞여

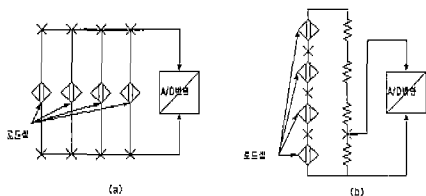


그림2. 정선 박스 구조
Fig.2. Construction of Junction-Box

인디케이터로 입력 되므로 첫째, 로드셀이 고장인지의 여부를 판단하기 어렵고, 둘째, 만일 고장 났다는 것을 알았다고 하더라도 어떤 로드셀이 고장인지 알 수가 없다. 그래서 로드셀의 구성을 그림2(b)와 같이 직렬 형태로 바꾸고 평균값을 취하면 개별 로드셀에 대한 응답을 확인할 수 있다.

3. 지능형 모니터링 네트워크 시스템

3.1. 지능형 모델의 입력 변수

3.1.1 평균값과 개별 로드셀 출력값 비교

로드셀의 출력을 평균한 값에 대한 개별 로드셀들의 응답 값의 차이를 사용해서 시스템 전체에 설치된 로드셀에 대한 개별 로드셀의 이상 유무를 판단한다. 변수로 사용할 경우 식(1)과 같이 계산할 수 있다.

$$v_{avg} = (v_{cell1} + \dots + v_{celln}) / n$$

$$x1 = (v_{avg} - v_{celli}) / \gamma \quad (1)$$

식(1)에서 v_{avg} 는 모든 로드셀의 평균전압, v_{celli} ($i=1, 2, \dots, n$)는 각 로드셀의 출력 전압, γ 는 A/D컨버터의 출력을 정규화 시키기 위한 해상도이다.

3.1.2 로드셀의 출력시 발생하는 진동수

정선박스를 그림2(a)에서 그림2(b)로 바꾼 후 로드셀의 출력값을 검사함으로써 각 로드셀의 진동을 출력중의 값의 부호 변화 횟수 계산하여 식(2)과 같이 계산한다.

$$x2 = sgn(v_{0i} - v_{1i}) \quad (2)$$

식(2)에서 v_{ti} ($i=0, 1, \dots, tn$)는 ti 시간에서의 로드셀의 측정이다. 중량 측정 시 계측 값의 변화 방향을 검출하여 음의 개수를 계산함으로써 진동을 계산한다.

3.2. 퍼지 알고리즘(Fuzzy Algorithms)에 의한 구현

감시 시스템을 구축하는 문제에 있어 로드셀의 출력신호를 검출하여 인간의 직감, 예감 등을 이용하여 추론하는 퍼지 알고리즘을 적용하여 그 효용성을 보인다. 효용성이 입증된 퍼지 알고리즘은 본 논문의 다음 3절에서 제안된 발산하기 쉬운 FNN의 초기 상태를 발산하지 않도록 안정화시킬 수 있다. 그림3과 같이 퍼지 입력 변수를 삼각형법에 의한 퍼지화기를 통해 베이스를 기반으로 하는 추론기를 거친다. 이때 사용할 추론은 Max-Min에 의해 추론을 하며 비퍼지화 과정에서는 면적 중심법에 의한 비퍼지화 과정을 진행한다.

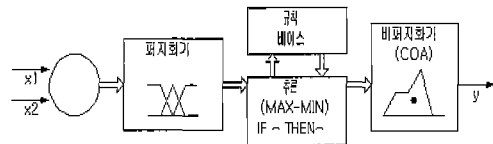


그림3. 퍼지 추론 모델
Fig.3. Fuzzy Inference model

3.2.1 퍼지화기(fuzzification)

퍼지에 적용할 입력 변수는 평균값과 개별 로드셀의 출력값과의 비교를 입력 변수 $x1$ 으로 하며, 언어 변수는 "Negative", "Not Negative", "Zero", "Not Positive", "Big Positive"로 정의한다.

다른 하나의 입력 변수는 로드셀 응답의 진동 출력을 $x2$ 로 언어 변수는 "None", "No Few", "Few", "No Many", "Many"로 정의한다. 후건부 변수는 장치의 신뢰도를 나타내는 것으로 하며, 언어 변수는 "Bad", "Not Bad", "Good", "Not Good", "Best"로 정의한다

3.2.2 퍼지 룰 베이스(fuzzy rule-base)

퍼지 룰 베이스는 If ~ Then 룰에 따라 다음과 같이 정의 한다.

- Best : (None, Not Negative), (None, Zero), (None, Not Positive), (Not Few, Zero)
- Not Best : (None, Negative), (None, Positive), (Not Few, Not Negative), (Not Few, Not Positive), (Few, Zero)
- Good : (Not Few, Negative), (Not Few, Positive), (Few, Not Negative), (Few, Not Positive), (No Many, Zero)
- Not Bad : (Few, Negative), (Few, Positive), (No Many, Negative), (No Many Not Negative), (No Many, Positive), (No Many, Not Positive), (Many, Zero)
- Bad : (Many, Negative), (Many, Not Negative), (Many, Not Positive), (Many, Positive)

3.2.3 추론(inference)

추론은 Max-Min법을 사용하며 식(3)와 같이 추론이 진행된다.

$$\mu_y(y) = \max_x \{ \max_{x \text{ INX}} \{ \min[\mu_{x1}(x1), \mu_{x2}(x2), y] \} \} \quad (3)$$

3.2.4 비퍼지화(defuzzification)

비퍼지화 방법은 면적 중심법을 사용한다. 따라서 식(4)에 의해 그 비퍼지화 과정이 수행된다.

$$y^*_{COA} = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_y(y_j) \times y_j}{\sum_{j=1}^n \mu_y(y_j)} \quad (4)$$

식(4)에서 n은 양자화 개수를 나타낸다.

3.3 적응 지능형 모니터링 시스템

(Adaptive Intelligence Monitoring System; AIMS)

고 중량 측정 시스템의 고장 판별 모니터링 시스템을 구축하는 문제에 있어 퍼지 알고리즘의 직감, 예측력과 신경망 회로망의 학습 능력이 융합된 FNN알고리즘을 적용하여 고 중량 측정 시스템을 구성하고 있는 장비의 종류에 관계없이 동작 할 수 있는 적응 지능형 모니터링 시스템을 구축하고 그 효용성을 보인다. FNN알고리즘을 이용한 모니터링 시스템에서 FNN의 학습을 위해 퍼지 알고리즘의 추론 결과를 사용한다. 이는 발산하기 쉬운 FNN의 초기 상태를 안정화시키는 역할을 한다.

3.3.1 AIMS 모델

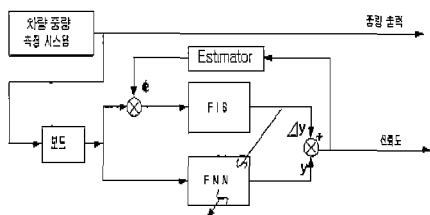


그림4. AIMS 구성도
Fig.4. AIMS model

그림4에서 어떠한 측정 장비에서도 사용할 수 있는 적응 지능형 모니터링 시스템의 구조를 보여준다. 학습 시 학습 패턴이 입력되면 입력받은 신호를 퍼지 추론기(FIS)와 FNN을 통한 신호가 합해지고 (y+Δy) 그 신호는 Estimator를 통해 다시 입력 신호로 들어간다. FNN의 학습은 FIS의 출력(Δy)로 이루어지고 이후 FNN을 통한 추론이 이루어지며 학습 후 FIS의 출력은 0값을 반환한다.

따라서 신뢰도 = y + Δy (Δy는0)이 된다.

Estimator는 출력 신뢰도에 따른 입력 값을 분석하는 장치로써 두 개의 입력 값에 따른 신뢰도의 일차 분포 함수로 이루어진다. Estimator가 포함하는 오차는 FNN에 의해 안정적으로 수렴될 것이다.

에너지 함수는 Estimator의 출력과 입력의 오차를 에너지 함수로 정의함으로써 해결한다. 에너지 함수는 다음 식(5)과 같이 정의한다.

$$E = \frac{1}{2} e^T P e \quad (5)$$

식(5)에서 P는 Positive Definite matrix이다.

적용 지능형 모니터링 시스템의 동작 알고리즘은 다음과 같은 단계로 이루어진다.

알고리즘

- 단계 1. FNN의 가중치, 학습 율, 환산 계수 등의 학습 변수들을 초기화시킨다.
- 단계 2. 원하는 중량측정 장치에서 보드를 통해 데이터 입력받아 오차와 오차 통화율을 구한다.
- 단계 3. 단계2에서 받은 입력을 FNN과 FIS를 통해 FNN출력 y와 FIS 출력 Δy를 계산한다.
- 단계 4. Estimator 출력 e를 FNN출력층의 에너지 함수로 정의한다.
- 단계 5. 출력 (y+Δy)를 Estimator를 통해 다시 입력으로 사용한다.
- 단계 6. 학습 알고리즘을 이용하여 FNN의 가중치들을 학습시킨다.
- 단계 7. 원하는 만큼 학습이 이루어지지 않았으면 단계2를 반복한다.
- 단계 8. 학습을 종료한다.

4. 컴퓨터 모의 실험

4.1. 퍼지 알고리즘에 의한 결과

시스템에 부착된 로드셀들의 평균값과 표8은 입력 데이터로 추론한 결과를 보여주며, 그림5은 신뢰도의 분포를 보여준다. 비교적 출력 특성이 로드셀의 상태에 따른 바른 응답으로 출력이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

표1. 퍼지에 의한 결과
Table.1. Results of Fuzzy

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
CELL 1	85.01	87.49	81.23	50	90	10	50	70	50
CELL 2	85.01	84	70	20	70	70	30	70	70
CELL 3	85.01	70	70	50	70	20	50	50	70
CELL 4	85.01	70	70	50	70	70	50	70	70

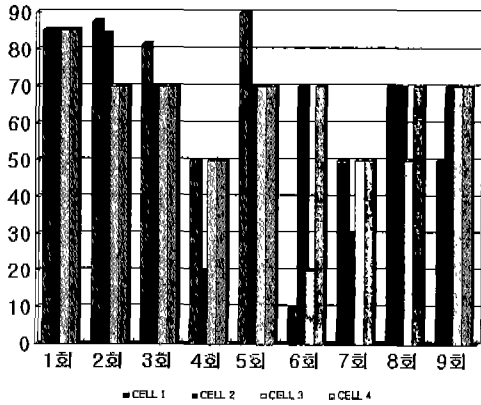


그림 5. 퍼지 추론 값에 대한 분포도
Fig.5. Graph of Fuzzy result

로드셀1의 경우 6회 부근에서 평균값과의 차이가 크게 나고 진동수도 큰 값이 들어가 결과에서 신뢰도가 10% 정도의 응답을 보여준다. 로드셀2 같은 경우 4회 부근에서 평균값과의 차이가 가장 크고, 큰 진동수가 입력되며 따라서 추론 결과도 20%정도의 결과를 출력한다. 로드셀3의 경우에도 6회 부근에서 20%의 출력 응답을 보여 주고 있다. 로드셀4의 경우 평균값과의 차이가 약간 큰 편차가 입력되었으나 그때의 진동수가 비교적 안정적인 입력을 가지므로 추론 응답에서도 50%정도의 특성을 보여 준다. 퍼지 알고리즘에 의한 지능형 모니터링 시스템의 응답 특성이 실험한 결과에 충분히 만족하는 값을 보여 준다.

4.2. AIMS에 의한 신뢰도 평가

퍼지 알고리즘에 의한 시스템과의 비교를 위해 퍼지에서 입력 값을 사용한 FNN의 출력값을 표2에서 보여 준다.

표2. AIMS에 의한 신뢰도 평가
Table.2. Results of AIMS

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
CELL 1	85.30	87.56	84.43	71.42	90	13.02	50	73.22	52
CELL 2	85.30	84.42	70.35	33.34	71.43	71.43	30.84	70.36	71.43
CELL 3	85.30	72.8	70.36	50.5	70	33.34	50.13	50.13	71.43
CELL 4	85.30	70.4	71.42	70.36	71.43	70.36	50	73.22	70.36

그림6은 신뢰도 분포를 나타낸다. 그림5와 비교했을 때 전체적인 신뢰도의 출력이 약간 증가 한 것을 볼 수 있다. 로드셀1의 경우 그림6의 퍼지 추론에서와 마찬가지로 6회 부근에서 신뢰도가 아주 낮게 나타난다. 하지만 AIMS추론에서는 약간 더 높은 수치 13.02%로 나타난다. 로드셀2의 경우 4회와 7회 부근에서 신뢰도가 각각 30% 근처로 나왔다. 하지만 퍼지 추론에서는 20%와 30%가 나왔다. 또 로드셀3의 경우 6회 부근에서 퍼지추론의 경우 20%정도의 신뢰도를 보이지만 여기서는 33.34%정도의 추론 값이 나오고 있다. 로드셀4의 경우 4

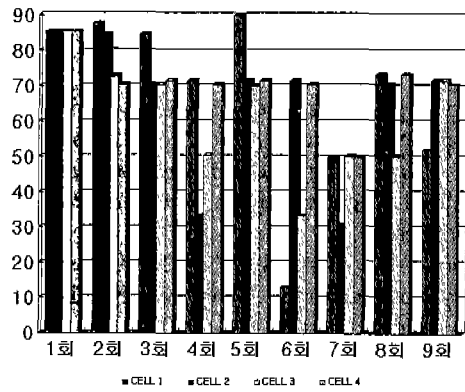


그림6. AIMS에 의한 신뢰도 분포
Fig.6. Graph of AIMS result

회 부근에서 퍼지 추론에서는 약 50%가 나왔으나 여기서는 70.36%의 신뢰를 보이고 있다. 이러한 값은 평균값 비교 입력이 1.5이고 진동수 입력이 200정도이므로 70% 정도의 신뢰도 응답이 더 바람직한 값이다. 전체적으로 볼 때 AIMS에 의한 출력값이 퍼지 추론 보다 약간 더 높은 신뢰도를 보인다. 이것은 퍼지 추론의 결과를 학습 알고리즘에 적용되어 최적의 응답을 갖도록 학습되었기 때문이다. 따라서 신뢰도 응답이 퍼지 알고리즘에 의해 구성된 시스템처럼 좋은 응답 특성을 갖는다고 볼 수 있다.

5. 결론 및 연구 방향

퍼지 알고리즘의 경우에는 하나의 시스템에 대해 시스템 구성이 FNN에 비해 훨씬 간편하게 시스템을 구성할 수 있으나 해당 측정 장비에 대한 전문가적 지식이 개별적으로 요구된다는 단점을 가진다. AIMS의 경우 설계 시에 측정 장치 전체에 대한 전문가적 지식만으로 퍼지 제어를 구성하면 개별 장비에 대한 뛰어난 적응력을 가진 시스템을 설계할 수 있다.

연구과제로는 본 논문에서 설계한 퍼지 알고리즘을 이용한 지능형 감시 시스템과, FNN과 퍼지 알고리즘의 하이브리드 시스템인 적응 지능형 감시 시스템(AIMS)에 대한 정량적인 안정도(stability)해석이 필요하다고 판단되며, 두 시스템을 설계 시 사용한 장비 이외의 장비에도 이 시스템들의 적용 실험을 통해 실제의 유용성 검토가 이루어지고 웹 기반의 데이터 베이스 시스템 구축 완료 후 완전한 지능형 모니터링 시스템의 구성이 이루어져야 하겠다.

참고 문헌

- [1] 성영권 외 “센서공학” 한동 1998.02
- [2] 尾關方隆 외 “센서 인테페이싱 No.3:메카트로닉스 센서 활용편 PART-II” 기전연구소 1986.09
- [3] 오창석, “뉴로 컴퓨터” 내하 출판사
- [4] 이상배, “퍼지-뉴로 제어 시스템” 교학사
- [5] George J. Klir, Bo Yuan, “FUZZYSETS AND FUZZY LOGIC Theory and Application” prentice

hall

- [6] 김영구,조현찬,김두용,심홍태 “지능형 모니터링 시스템 구현에 관한 연구” 2000년도 추계학술대회 학술 발표 논문집, 제 10권2호 339p
- [7] Abraham Kandel “Fuzzy Mathematical Techniques with Applications” ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY
- [8] H.-J. Zimmermann “Fuzzy Set Theory and Its Applications” Kluwer-Nijhoff Publishing
- [9] Lotfi Zadeh and Janusz kacprzyk “Fuzzy Logic For The Management of Uncertainty” John Wiley & Sons, Inc
- [10] Chin-Teng Lin, C.S George Lee “Neural Fuzzy Systems” Prentice hall P.T.R



조 현 찬 (Hyun-Chan Jo)

현 한국기술교육대학교 정보기술공학부
부교수, 제10권 6호 참조

전 흥 태 (hong-Tae Jeon)

현 중앙대학교 전자전기 제어공학부 부교수
제10권 3호 참조

김 두 용 (Doo-Yong Kim)

1983 : 한양대학교 전자공학과 학사
1987 : 플로리다공과 대학교 컴퓨터공학과 석사
1991 : 미주리주립대학교 컴퓨터 네트워크 박사
1998 : 순천향대학교 정보기술공학부 부교수
관심분야 : 컴퓨터 통신, 이동통신, 멀티미디어 통신 분야의 프로토콜 및 성능분석

저 자 소 개



김 영 구 (Young-Goo Kim)

1998 : 한국기술교육대학교 전자공학과
2000 : 한국기술교육대학교 대학원 석사

관심분야 : 신경회로망, 퍼지시스템,
softcomputing, 지능제어, 영상.음성신호처리, RF